

LENTILLE DE FRESNEL ET DISPOSITIF D’AFFICHAGE A PROJECTION UTILISANT UNE TELLE LENTILLE

1. Domaine de l’invention.

L’invention concerne une lentille de Fresnel et un dispositif d’affichage à projection utilisant une telle lentille.

2. Etat de l’art.

Il est bien connu d’utiliser en optique une lentille de Fresnel pour obtenir un effet général de collimation avec une épaisseur de lentille réduite.

Une lentille de ce type est par exemple décrite dans la demande de brevet publiée en tant que JP 2002-221 605. Cette lentille collimate le faisceau incident émis par une source de lumière. Pour ce faire, la lentille comporte des éléments prismatiques qui redressent les rayons reçus de la source en un faisceau de rayons parallèles.

Cette lentille est par exemple utilisée dans un dispositif d’affichage à projection. En effet, dans un tel dispositif, un imageur de taille réduite est projeté sur un écran de visualisation par un système de projection, avec des angles d’incidence sur l’écran qui s’étendent sur une plage déterminée de valeurs, par exemple de 30° à 60°.

Le flux reçu du système de projection doit donc être globalement collimaté par la lentille de Fresnel, c’est-à-dire redressé selon une direction horizontale, avant d’être généralement micro-focalisé à travers une matrice sombre puis diffusé dans le champ d’observation souhaité.

Selon JP 2002-221 605, la conception de la lentille est telle que les éléments prismatiques qui reçoivent des rayons à faible angle d’incidence travaillent en réfraction alors que ceux qui reçoivent des rayons avec un fort angle d’incidence travaillent en réflexion.

On obtient ainsi un bon rendement dans la région des angles d’incidence élevés et dans la région des angles d’incidence faibles. Dans la région intermédiaire, le rendement reste toutefois médiocre quel que soit le type de prisme utilisé.

3. Résumé de l’invention.

Afin notamment de résoudre ce problème, l’invention propose une lentille de Fresnel comportant au moins un premier prisme et un second

prisme, chaque prisme ayant une première face et une seconde face qui forme avec un axe principal un angle supérieur à celui formé par la première face et l'axe principal, la seconde face du premier prisme étant adaptée à collimater la lumière reçue d'une source de lumière
5 selon l'axe principal, dans laquelle la seconde face du second prisme est adaptée à transmettre la lumière reçue de la source selon une première direction différente de l'axe principal.

Ainsi, en acceptant la décollimation des rayons transmis (c'est-à-dire réfléchis ou réfractés) par la seconde face du second prisme, on
10 peut ajuster l'orientation de cette face de façon à obtenir une meilleure efficacité optique, *i.e.* un meilleur rendement.

À la frontière entre deux zones ayant chacune un type de prisme ci-dessus, le premier prisme jouxte le second prisme.

Selon un mode de réalisation préféré, la première direction est
15 divergente par rapport à l'axe principal.

Afin d'obtenir un effet d'une ampleur nécessaire, on p

En général, la première direction et l'axe principal font entre eux un angle supérieur à 1° , de préférence supérieur à 2° , et inférieur à 10° , de préférence inférieur à 5° .

20 Le premier et le second prismes peuvent travailler soit en réflexion, soit en réfraction. Le mode de transmission réfléchitif ou transmissif pour le premier et le second prismes peuvent être identique ou différent. Dans ce dernier cas, on peut prévoir qu'un troisième prisme est adapté à réfléchir la lumière reçue de la source selon l'axe principal ; on peut
25 prévoir également dans ce cas qu'au moins un quatrième prisme est adapté à réfléchir la lumière reçue de la source selon une seconde direction différente de l'axe principal. Plus généralement, on peut prévoir deux, trois ou quatre prismes, chacun étant adapté à réfléchir ou réfracter la lumière reçue.

30 L'invention est particulièrement avantageuse dans le cadre d'un dispositif d'affichage à projection. Il est donc également proposé un dispositif d'affichage à projection comprenant des moyens de

génération d'une image, des moyens de projection de l'image sur un écran qui comporte une lentille de Fresnel selon l'invention et des éléments optiques de focalisation et/ou de diffusion.

4. Liste des figures.

5 D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lumière de la description suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un exemple de dispositif d'affichage auquel s'applique l'invention ;

10 - la figure 2 représente un moteur optique et un écran réalisé conformément aux enseignements de l'invention ;

- la figure 3 représente en détail les prismes de la figure 2 travaillant en réflexion ;

15 - la figure 4 représente en détail les prismes de la figure 2 travaillant en réfraction.

5. Description détaillée de l'invention.

Le dispositif d'affichage schématiquement représenté à la figure 1 comprend un système d'éclairement 2 qui génère un faisceau de lumière primaire B_{III} reçu par un imageur (ou valve) 4.

20 L'imageur 4 détermine quelles parties du faisceau primaire B_{III} doivent être transmises à un système d'imagerie, créant ainsi un faisceau de lumière secondaire B_{img} qui représente l'image à afficher.

L'imageur 4 est par exemple réalisé sous forme d'une matrice de pixels. Chaque pixel agit sur le rayon incident (partie du faisceau
25 primaire B_{III}) en fonction de l'intensité à laquelle le pixel correspondant dans l'image à afficher doit être éclairé.

La lumière issue de l'imageur est projetée par un système d'imagerie 6 en direction d'un écran d'affichage 10.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, les rayons incidents sur
30 l'écran 10 ont un angle d'incidence qui varie d'un angle Θ_1 (de l'ordre de 10°) dans sa partie inférieure à un angle Θ_2 (de l'ordre de 60°) dans sa partie supérieure.

L'écran 10 de la figure 1 est de conception analogue à celui décrit en détail dans la suite et représenté en figure 2, mais ne comporte naturellement sur la lentille de Fresnel que les régions adaptées à recevoir des rayons incidents avec un angle allant de Θ_1 à Θ_2 .

5 La figure 2 représente en effet un écran 12 qui reçoit d'un moteur optique 14 un faisceau définissant une image à afficher. Le moteur optique 14 comprend des éléments équivalents au système d'éclairage 2, à l'imageur 4 et au système d'imagerie 6 de la figure 1.

10 L'écran 12 comporte une lentille de Fresnel 16 qui collimate globalement la faisceau reçu du moteur optique 14, une plaque 18 support d'éléments optiques 20 et une matrice sombre 22.

La matrice sombre 22 comprend une alternance de régions sombres 24 et de régions transparentes 26. Les éléments optiques 20 de la plaque 18 permettent notamment de focaliser chaque partie du
15 faisceau lumineux incident sur la plaque 18 dans une région transparente 26 de la matrice sombre 22. L'utilisation de la matrice sombre 22 permet d'augmenter le contraste du dispositif d'affichage.

Les éléments optiques 20 permettent également de diffuser le faisceau lumineux dans un angle solide autour de l'axe principal AA' de
20 l'écran 12 (axe perpendiculaire à l'écran) afin que l'affichage sur l'écran se produise correctement même si l'observateur n'est pas situé exactement dans l'axe.

Bien sûr, le nombre d'éléments optiques 20 et de régions 24, 26 est limité sur la figure 2 afin de ne pas compromettre la clarté de
25 l'exposé. Dans la réalité, le nombre de ces éléments est naturellement beaucoup plus important, de l'ordre de plusieurs éléments par pixel dans l'image à afficher.

Comme mentionné précédemment, la lentille de Fresnel 16 permet de manière générale de collimater le faisceau reçu du moteur optique
30 14 afin d'obtenir un traitement correct du faisceau par les éléments optiques 20.

La lentille de Fresnel 16 est symétrique de révolution autour l'axe principal du système AA'. La lentille de Fresnel 16 comporte dans une première région R montrée en détail à la figure 3 des prismes qui travaillent en réflexion et dans une seconde région T montrée en détail
5 à la figure 4 des prismes qui travaillent en réfraction.

Dans une première zone Z1 de la première région R (figure 3), les prismes 28, 40 sont réalisés de manière classique, c'est-à-dire qu'ils comportent une première face 30 très inclinée (*i.e.* qui forme un angle faible avec l'axe principal) qui réalise une réfraction des rayons
10 incidents et une seconde face 32 qui collimate le rayon incident R1 par réflexion en un rayon R1' parallèle à l'axe principal AA'.

Dans une seconde zone Z2 de la première région R, le prisme 34 est légèrement modifié par rapport à la conception classique. En effet, il comporte également une première face 36 très inclinée (qui forme un
15 angle de l'ordre de 20° avec l'axe principal, en général inférieur à 30°) et une seconde face 38 qui réfléchit le rayon incident R2 vers l'avant, c'est-à-dire vers la plaque 18.

Les première et seconde faces 36, 38 ne sont toutefois pas exactement orientées de manière à collimater le rayon R2, mais leur
20 orientation est légèrement modifiée de manière à améliorer le rendement global en transmission du prisme 34, par exemple en diminuant les pertes générées par les rayons perdus R_p (rayons qui entrent par la première face 30, 36 mais n'interceptent pas la seconde face 32, 38).

25 L'angle au sommet du prisme 34 est en général limité par l'outil de gravure et la modification des faces 36, 38 du prisme 34 par rapport à la conception classique peut donc être avantageusement réalisée par l'inclinaison de même ampleur des faces 36, 38, tout en conservant ainsi un angle au sommet constant.

30 L'amélioration de l'efficacité par ce biais nécessite ainsi une décollimation du faisceau de sortie et le rayon R2' réfléchi par la

seconde face 38 formera donc un angle α non nul avec l'axe principal AA'.

Avec une première face 36 orientée dans les deux cas telle que l'angle au sommet soit l'angle limite possible pour l'outil de gravure, la
5 différence $\Delta\beta$ entre l'inclinaison β de la seconde face 38 et l'inclinaison β_0 qui aurait permis une collimation du rayon R2 doit toutefois être limitée afin de ne pas compromettre le fonctionnement optique du système. On prendra de préférence des valeurs de $\Delta\beta$ de quelques degrés, en général inférieures à 5° .

10 En effet, le rayon R2' réfléchi par la seconde face 38 du prisme 34 forme un angle α non nul avec l'axe principal AA'. Avec les valeurs de $\Delta\beta$ utilisées de préférence (voir ci-dessus), on obtient en général un angle inférieur à 10° . Dans certains cas, par exemple lorsque les tolérances optiques sont faibles, on orientera la seconde face 38 de façon à obtenir
15 un angle α inférieur à 5° .

De préférence, l'orientation (β) de la seconde face 38 est modifiée par rapport à l'orientation classique (β_0) de manière non négligeable de façon à obtenir une amélioration substantielle du rendement du prisme 34. Cette modification non négligeable entraîne par exemple une dé-
20 collimation (α) minimum de 1° , voire une dé-collimation (α) minimum de 2° .

On peut remarquer que, du fait de l'utilisation dans le cas présent d'une inclinaison β supérieure à l'inclinaison classique β_0 permettant la collimation, le rayon réfléchi R2' est divergent par rapport à l'axe
25 principal AA'.

Selon une possibilité de réalisation, la seconde face 38 du prisme 34 est essentiellement parallèle à la face correspondante d'un prisme 40 de la première zone Z1. Comme visible sur la figure 3, le prisme 34 de la seconde zone Z2 et le prisme 40 de la première zone Z1 sont
30 juxtaposés.

Naturellement, on pourrait prévoir un nombre différent de prismes pour chaque zone Z1, Z2 ; ainsi, la première zone Z1 pourrait ne

contenir qu'un seul prisme 28 ou un nombre de prismes 28 supérieur à deux et la seconde zone Z2 pourrait contenir plusieurs prismes.

Dans une première zone Z3 de la seconde région T (figure 4), les prismes 41 sont réalisés de manière classique : ils comprennent une première face 42 quasiment selon l'axe principal AA' (en général à 3° pour des rayons de fabrications) et une seconde face 44 dont l'orientation est telle que le rayon incident R3 est collimaté par réfraction, c'est-à-dire que le rayon transmis R3' par le prisme 41 est parallèle à l'axe principal AA'.

Dans une seconde zone Z4 de la seconde région T, le (ou les) prisme(s) 46 est (sont) légèrement modifié(s) par rapport à la conception classique : alors qu'une première face 48 du prisme 46 est situé essentiellement selon l'axe principal AA' de manière classique, une seconde face 50 du prisme 46 est légèrement inclinée par rapport à la conception classique de telle sorte que le rayon incident R4 n'est pas transmis exactement parallèle à l'axe principal AA', mais selon une direction R4' légèrement différente, et ce afin d'améliorer le rendement global du prisme 46.

L'angle δ entre la seconde face 50 du prisme 46 et l'axe principal AA' (défini naturellement dans un plan passant par l'axe principal AA') diffère donc de l'angle δ_0 entre l'axe principal et une face qui aurait permis une collimation du rayon R4 (c'est-à-dire une réfraction du rayon R4 en un rayon parallèle à l'axe principal AA') d'une valeur $\Delta\delta$.

Le rayon R4' transmis par réfraction par le prisme 46 forme donc un angle non nul γ avec l'axe principal AA'.

Comme on l'a vu précédemment, l'angle γ entre le rayon R4' et l'axe principal AA' (qui représente donc la quantité de dé-collimation) est de préférence supérieur à 1°, voire 2°, de façon à obtenir un effet d'amélioration du rendement substantiel.

De même, l'angle γ est de préférence inférieur à 10°, ou même si nécessaire inférieur à 5°, afin d'éviter une dégradation des propriétés optiques du système.

Dans l'exemple avantageux représenté à la figure 4, l'angle δ qui définit l'orientation de la seconde face 50 du prisme 46 dans la seconde zone Z4 par rapport à l'axe principal AA' est choisi supérieur à l'angle δ_0 qui aurait permis une collimation du rayon R4 en ce point selon la conception classique. L'angle d'incidence du rayon R4 sur la seconde face 50 est donc moins important qu'il n'aurait été dans une conception classique et le rendement du prisme 46 s'en trouve amélioré, d'une part par la réduction des pertes de Fresnel liées à la réfraction, mais surtout par la diminution des pertes introduites par la première face 48 dont la taille est ainsi réduite (rayons perdus R_p').

Dans ce cas, le rayon R4' transmis par le prisme 46 est donc divergent par rapport à l'axe principal AA'.

Il est possible par exemple de définir la seconde face 50 du prisme 46 de la seconde zone Z4 essentiellement parallèle à la seconde face 44 du prisme 41 de la première zone Z3 qui le jouxte.

La lentille de Fresnel 16 tel que proposée par l'invention et décrite en détail ci-dessus en référence aux figures 3 et 4 est particulièrement intéressante dans le cadre des dispositifs d'affichage à projection tels que ceux décrits en référence aux figures 1 et 2.

En effet, le système optique situé en aval de la lentille de Fresnel 16, à savoir généralement la plaque 18 d'éléments optiques 20 et la matrice sombre 22, autorise une dé-collimation du faisceau incident de l'ordre de 5° à 10° .

L'invention qui vient d'être décrite n'est bien sûr pas limitée aux modes de réalisation exposés.

En particulier, pour la transmission des faisceaux, selon l'invention, la lentille de Fresnel peut comprendre, en particulier deux, trois ou quatre zones, les zones se distinguant par la manière dont est transmise la lumière reçue par les secondes faces des prismes selon deux paramètres :

- le premier paramètre est associé au mode de transmission qui peut être réflectif (la seconde face des prismes

correspondant étant adaptée à réfléchir la lumière reçue de la source) ou réfractif (la seconde face des prismes correspondant étant adaptée à réfracter la lumière reçue de la source) ; et

- 5 – le second paramètre concerne la direction de transmission de la lumière reçue, qui est soit selon l'axe principal de la lentille, soit selon une direction différente.

Selon l'invention, on peut combiner de toutes les manières possibles ces deux paramètres, en respectant la condition qu'une des zones au moins
10 transmet la lumière reçue selon la direction de l'axe principal et une des zones au moins transmet la lumière reçue selon une direction différente.

Ainsi, dans une lentille avec deux zones, on peut avoir deux modes de transmission de type transmissif ou réfléchif ou deux zones avec des
15 modes de transmission différent.

Dans une lentille à trois zones, on peut avoir deux zones selon un premier mode et une zone selon un deuxième mode différent ; on peut également avoir soit une zone soit deux zones, dans lesquelles la seconde face des prismes transmet la lumière reçue selon la direction
20 de l'axe principal.

Préférentiellement, dans une lentille avec des zones où les prismes travaillent avec un mode de transmission différent, la ou les zones où les prismes travaillent selon un mode réfractif sont les plus proches de l'axe principal de la lentille.

25 A titre illustratif, dans une lentille, les limites des zones respectent préférentiellement les caractéristiques suivantes :

- une zone avec des prismes travaillant selon un mode réfractif et avec une transmission suivant l'axe principal de la lentille, l'angle d'incidence des rayons incidents est inférieur à
30 20°environ ;
- une zone avec des prismes travaillant selon un mode réfléchif et avec une transmission suivant l'axe principal de la lentille,

l'angle d'incidence des rayons incidents est supérieur à environ 40° ;

- dans une lentille avec deux zones avec une transmission suivant une direction différente de l'axe principal de la lentille, l'angle d'incidence des rayons incidents est égal à environ 30° à la limite entre ces deux zones.

Ainsi, un mode de réalisation particulier peut, par exemple, comprendre les combinaisons de zones Z1 à Z4 (telles qu'illustrées en regard des figures 3 et 4) suivantes (le premier élément des séquences telles que représentées ci-après étant le plus proche de l'axe de la lentille) : (Z3, Z4), (Z3,Z2), (Z4,Z1), (Z2,Z1), (Z3,Z4,Z2), (Z3,Z4,Z1), (Z4,Z2,Z1) ou (Z3,Z4,Z2,Z1).

Par ailleurs, préférentiellement, l'angle au sommet des prismes dans la lentille est constant afin d'en faciliter la fabrication et par exemple égal à 40° ou plus généralement compris entre 35° et 45° .

Afin de déterminer l'orientation du faisceau transmis par un prisme, on pourra utiliser des moyens classiques, tels que l'utilisation d'un rayon moyen comme sur les figures 3 et 4 ou une mesure de la moyenne des orientations des rayons transmis par le prisme.

REVENDEICATIONS

1. Lentille de Fresnel comportant au moins un premier prisme (28, 40 ;
5 41) et un second prisme (34 ; 46), chaque prisme ayant une première
face (30, 36 ; 42, 48) et une seconde face (32, 38 ; 44, 50) qui forme
avec un axe principal (AA') un angle supérieur à celui formé par la
première face (30, 36 ; 42, 48) et l'axe principal (AA'),
la seconde face (32 ; 44) du premier prisme (28, 40 ; 41) étant
10 adaptée à collimater la lumière reçue (R1 ; R3) d'une source de lumière
selon l'axe principal (AA'),
ladite lentille de Fresnel étant symétrique de révolution autour dudit axe
principal,
caractérisé en ce que la seconde face (38 ; 50) du second prisme (34 ;
15 46) est adaptée à transmettre la lumière reçue (R2 ; R4) de la source
selon une première direction (R2' ; R4') différente de l'axe principal
(AA').
2. Lentille de Fresnel selon la revendication 1, dans laquelle le premier
20 prisme (40) jouxte le second prisme (34).
3. Lentille de Fresnel selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la
première direction (R2' ; R4') est divergente par rapport à l'axe
principal (AA').
25
4. Lentille de Fresnel selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle
la première direction (R2' ; R4') et l'axe principal (AA') font entre eux
un angle supérieur à 1°.
- 30 5. Lentille de Fresnel selon la revendication 4, dans laquelle la première
direction (R2' ; R4') et l'axe principal (AA') font entre eux un angle
supérieur à 2°.

6. Lentille de Fresnel selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle la première direction ($R2'$; $R4'$) et l'axe principal (AA') font entre eux un angle inférieur à 10° .

5

7. Lentille de Fresnel selon la revendication 6, dans laquelle la première direction ($R2'$; $R4'$) et l'axe principal (AA') font entre eux un angle inférieur à 5° .

10 8. Lentille de Fresnel selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle le premier (28, 40) et le second (34) prismes travaillent en réflexion.

9. Lentille de Fresnel selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle le premier (41) et le second (46) prismes travaillent en réfraction.

15

10. Lentille de Fresnel selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle le premier prisme travaille selon un premier mode réfléchitif ou transmissif et le second (46) prisme travaille selon un second mode réfléchitif ou transmissif différent du premier mode.

20

11. Lentille de Fresnel selon l'une des revendications 8 et 9, dans laquelle au moins un troisième prisme (28, 40) est adapté à transmettre la lumière reçue de la source selon l'axe principal, le troisième prisme travaillant dans mode réfléchitif ou transmissif différent du mode de travail du premier prisme.

25

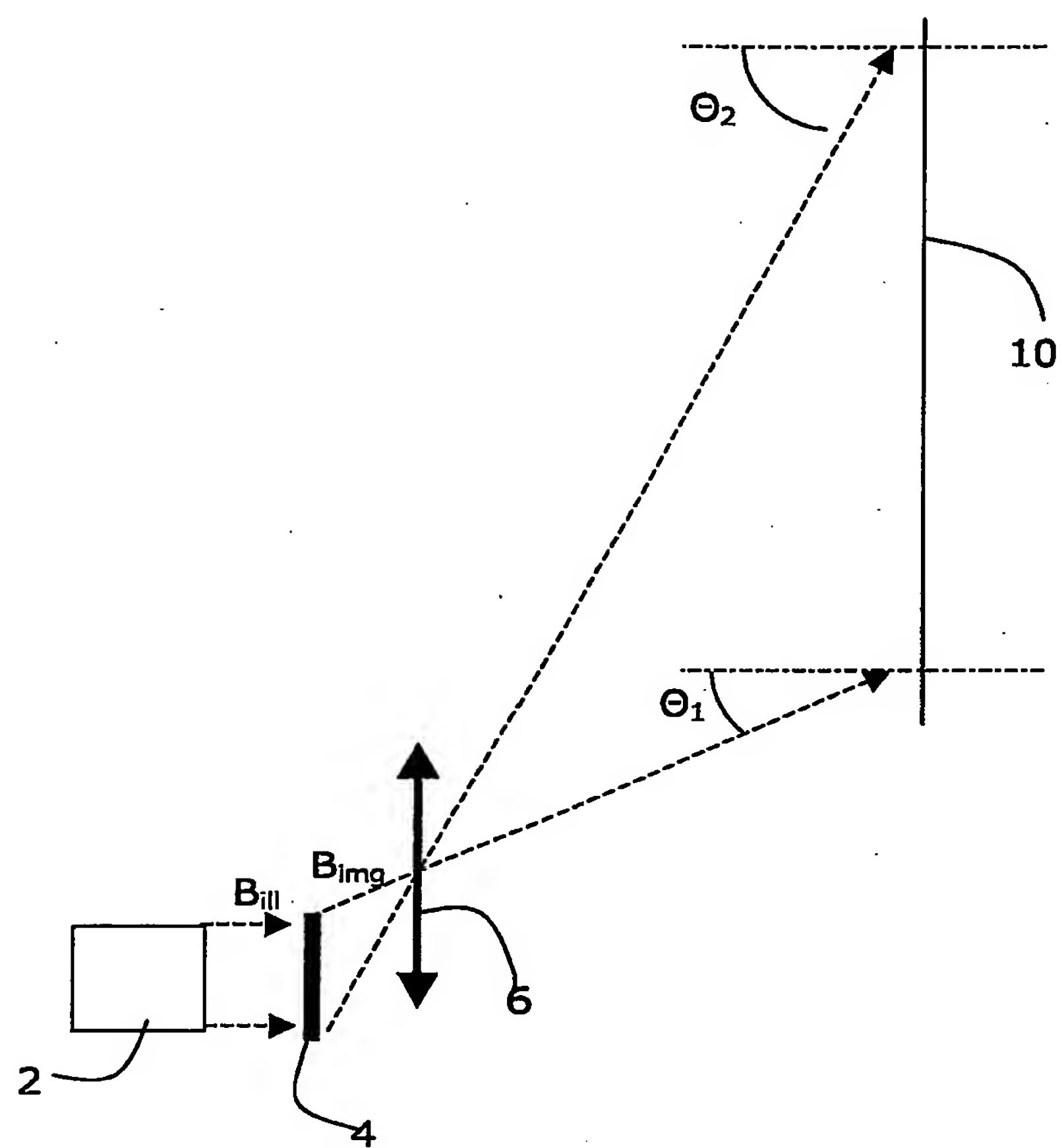
12. Lentille de Fresnel selon l'une quelconque des revendications 8, 9 et 11, dans laquelle au moins un quatrième prisme (34) est adapté à transmettre la lumière reçue de la source selon une seconde direction différente de l'axe principal le quatrième prisme travaillant dans mode réfléchitif ou transmissif différent du mode de travail du second prisme.

30

13. Dispositif d'affichage à projection comprenant :

- des moyens de génération (2, 4) d'une image;
- des moyens de projection (6) de l'image sur un écran (10 ; 12) ;
- l'écran comportant une lentille de Fresnel (16) et des éléments

5 optiques (16) de focalisation et/ou de diffusion,
dans lequel la lentille de Fresnel est conforme à l'une des revendications
1 à 11.

**Fig. 1**

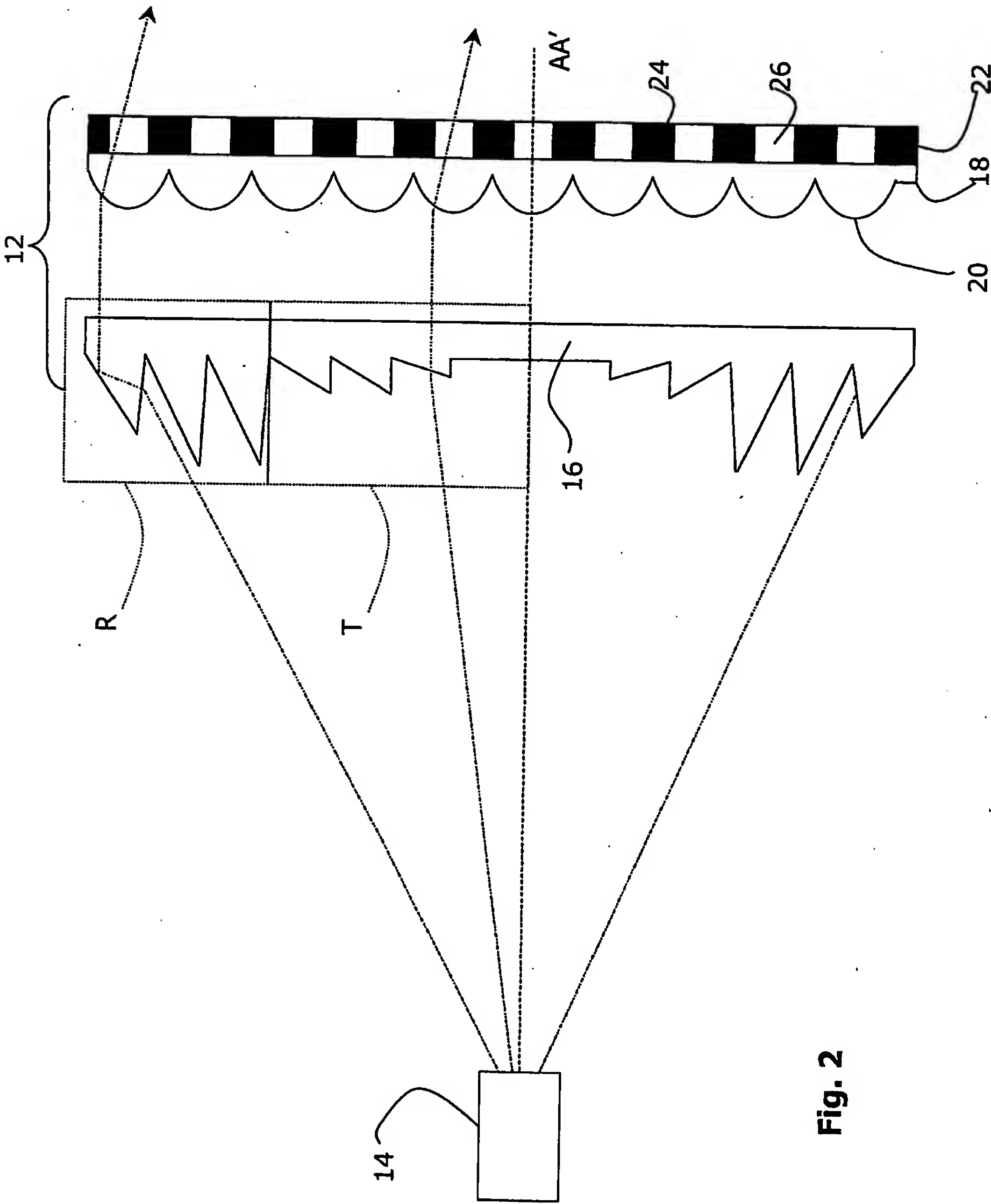


Fig. 2

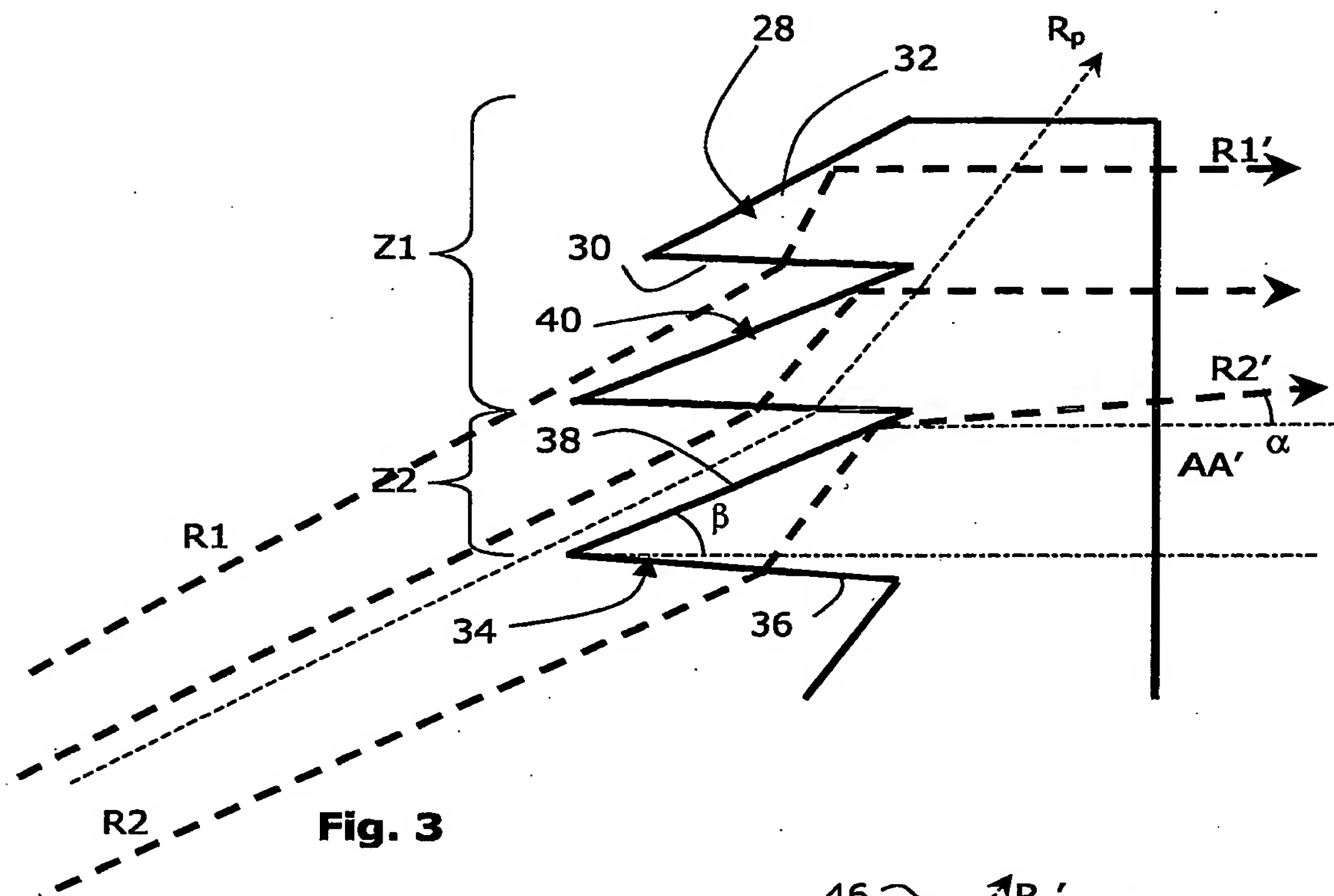


Fig. 3

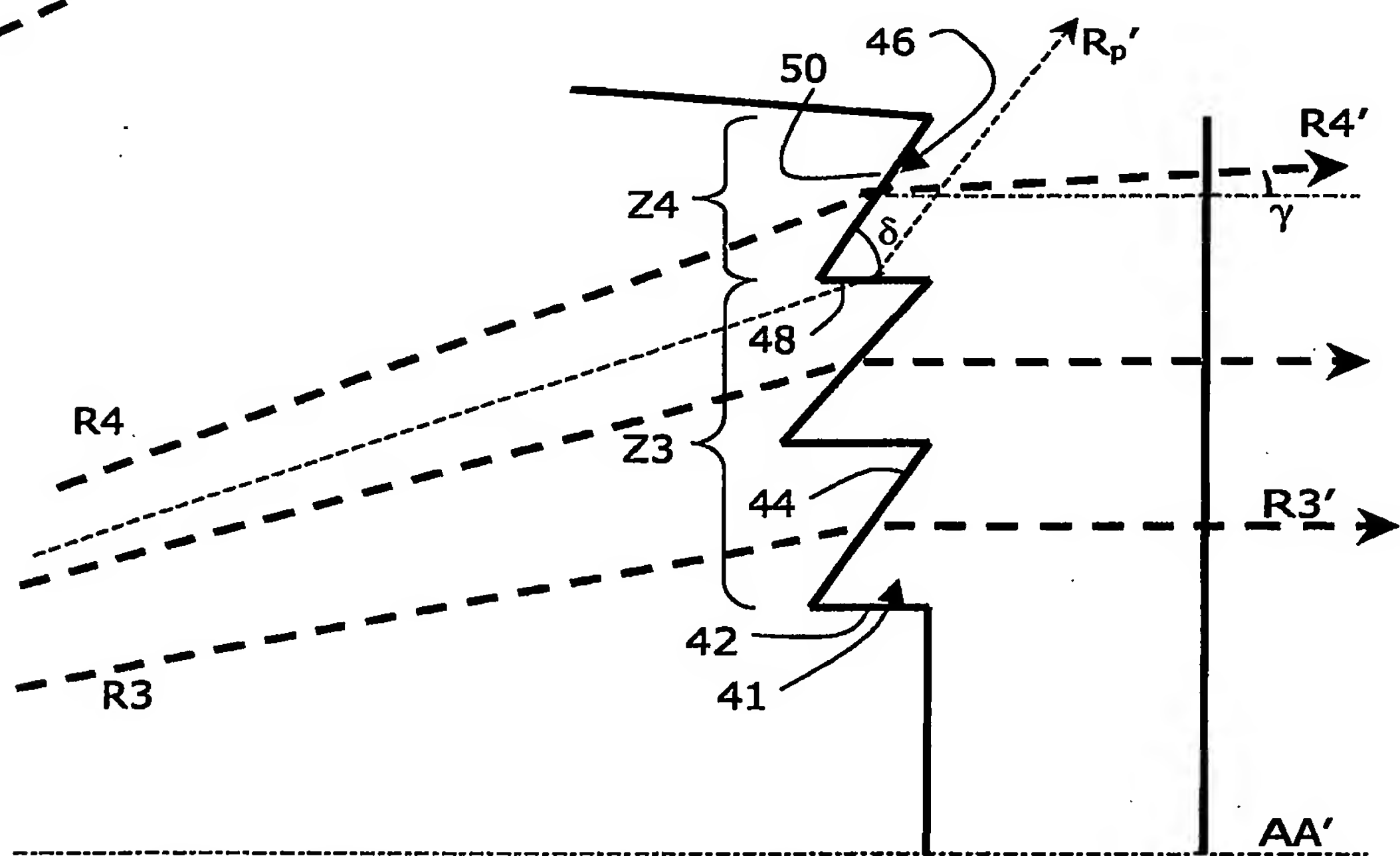


Fig. 4